
**ANALISIS PENGARUH HUKUM PERTAMA TERMODINAMIKA
TERHADAP EFISIENSI ENERGI DALAM MESIN KULKAS RUMAH
TANGGA**

**Adelyna Oktavia Nasution¹, Cahya Amandasari², Razita Junaidah³, Siti Nurhaviva⁴,
Iskandar Amir⁵, Nur Khalizah Hasibuan⁶**

adelyna1100000198@uinsu.ac.id¹, cahyaamandasari@gmail.com², razitajunaidah92@gmail.com³,
havivanur2@gmail.com⁴, adekaquila93@gmail.com⁵, nurkhalizahasibuan26@gmail.com⁶

UIN Sumatera Utara

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penggunaan kulkas dengan pendekatan analisis melalui Hukum Pertama Termodinamika. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian kepustakaan yang mengacu pada hasil laporan eksperimen, berita, artikel, website, jurnal, tesis, dan buku yang membahas tentang penerapan prinsip termodinamika pada kulkas. Hukum Pertama Termodinamika menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lain. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa kulkas memiliki sistem utama berupa refrigeran yang bekerja dalam siklus kompresi. Proses pendinginan pada kulkas terjadi dengan cara memindahkan energi panas dari dalam ruang pendingin ke luar melalui mekanisme kerja kompresor, kondensor, dan evaporator. Mekanisme ini sesuai dengan prinsip Hukum Pertama Termodinamika yang mengatur aliran energi panas dan kerja dalam suatu sistem tertutup. Untuk meningkatkan efisiensi energi yang dikeluarkan oleh kulkas, beberapa upaya dapat dilakukan, antara lain pengaturan suhu dan jenis benda yang dimasukkan ke dalam kulkas, perawatan rutin untuk menjaga kinerja komponen utama, serta penempatan kulkas di ruangan dengan suhu yang sesuai dan ventilasi yang baik agar beban kerja kompresor berkurang. Langkah-langkah tersebut tidak hanya mengurangi konsumsi energi listrik rumah tangga, tetapi juga mendukung upaya penghematan biaya dan konservasi energi. Selain itu, upaya peningkatan efisiensi ini turut berkontribusi dalam mengurangi emisi karbon yang berujung pada pencegahan pemanasan global. Dengan demikian, penerapan prinsip-prinsip termodinamika dalam penggunaan kulkas memiliki manfaat yang signifikan, baik dari segi ekonomi maupun dampak positif terhadap lingkungan.

Kata Kunci: Termodinamika; Kulkas; Hemat Energi.

ABSTRACT

This study aims to explore the use of refrigerators with an analytical approach through the First Law of Thermodynamics. The method used in this study is a literature review that refers to the results of experimental reports, news, articles, websites, journals, theses, and books that discuss the application of thermodynamic principles in refrigerators. The First Law of Thermodynamics states that energy cannot be created or destroyed, but can be transformed from one form to another. The findings of this study show that the refrigerator has a main system in the form of refrigerant that works in the compression cycle. The cooling process in the refrigerator occurs by transferring heat energy from inside the cooling room to the outside through the working mechanism of compressors, condensers, and evaporators. This mechanism is in accordance with the principles of the First Law of Thermodynamics which regulates the flow of heat energy and work in a closed system. To improve the energy efficiency emitted by the refrigerator, several efforts can be made, including regulating the temperature and the type of objects put into the refrigerator, regular maintenance to maintain the performance of the main components, and placing the refrigerator in a room with the appropriate temperature and good ventilation so that the compressor workload is reduced. These measures not only reduce household electrical energy consumption, but also support cost-saving and energy conservation efforts. In addition, this effort to improve efficiency also contributes to reducing carbon

emissions which leads to the prevention of global warming. Thus, the application of thermodynamic principles in the use of refrigerators has significant benefits, both in terms of economy and positive impact on the environment.

Keywords: *Thermodynamics; Refrigerator; Energy Saving.*

PENDAHULUAN

Kulkas rumah tangga merupakan salah satu peralatan penting dalam kehidupan sehari-hari yang memiliki fungsi utama untuk menjaga kesegaran dan ketahanan bahan makanan melalui proses pendinginan (Fatiatun et al., 2023). Mesin kulkas bekerja berdasarkan prinsip termodinamika, di mana energi panas dipindahkan dari ruang yang lebih dingin (di dalam kulkas) ke ruang yang lebih panas (di luar kulkas) dengan menggunakan energi listrik sebagai sumber daya. Proses ini melibatkan siklus refrigerasi yang terdiri dari kompresor, kondensor, evaporator, dan ekspansi yang bekerja secara berurutan untuk menjaga suhu internal kulkas agar tetap stabil (Amrullah et al., 2017).

Hukum pertama termodinamika, yang dikenal dengan prinsip kekekalan energi, memainkan peran krusial dalam proses kerja kulkas. Prinsip ini menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dihancurkan, melainkan hanya dapat berubah bentuk. Dalam konteks kulkas, energi listrik yang digunakan untuk menjalankan kompresor akan diubah menjadi energi mekanik dan panas yang dilepaskan ke lingkungan melalui kondensor. Oleh karena itu, pemahaman terhadap hukum pertama termodinamika tidak hanya penting untuk memahami cara kerja kulkas, tetapi juga berhubungan langsung dengan efisiensi energi yang digunakan oleh mesin ini dalam proses pendinginan (Cahyono & Suheta, 2016).

Kulkas atau pendingin rumah tangga terdiri dari beberapa komponen utama yang berfungsi secara bersamaan untuk menjaga suhu rendah di dalam ruang penyimpanan. Komponen-komponen tersebut meliputi kompresor, kondensor, evaporator, katup ekspansi, dan refrigeran sebagai fluida kerja. Refrigeran bertindak sebagai zat yang menyerap panas dari dalam kulkas dan membuangnya ke lingkungan sekitar. Namun, penggunaan refrigeran yang mengandung unsur klorin (Cl) dan fluorin (F), seperti yang terdapat pada senyawa CFC (Chlorofluorocarbon), dapat memberikan dampak negatif yang serius terhadap lingkungan. CFC diketahui berperan dalam merusak lapisan ozon di atmosfer yang melindungi bumi dari radiasi ultraviolet berbahaya. Selain itu, emisi gas-gas tersebut juga berkontribusi pada pemanasan global yang dapat menyebabkan kerusakan ekosistem, termasuk terancamnya sumber daya laut, menurunnya hasil pertanian, serta meningkatkan frekuensi bencana alam. Oleh karena itu, penting untuk mencari alternatif refrigeran yang lebih ramah lingkungan dan tidak merusak lapisan ozon, agar dampak negatif ini dapat diminimalkan (Amosun & Omoniyi Kaffo, 2023).

Penelitian ini memiliki kontribusi penting dalam menggali lebih dalam hubungan antara hukum pertama termodinamika dan efisiensi energi pada kulkas rumah tangga. Dengan semakin meningkatnya penggunaan peralatan rumah tangga, termasuk kulkas, di kalangan masyarakat, penting untuk memahami bagaimana optimasi penggunaan energi dapat membantu mengurangi pemborosan energi listrik yang pada akhirnya berdampak pada penghematan biaya rumah tangga. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tentang cara-cara meningkatkan efisiensi kulkas rumah tangga, yang sejalan dengan upaya global untuk mengurangi jejak karbon dan konsumsi energi yang berlebihan.

METODE

Metode penelitian ini menggunakan studi pustaka (library reasearch) untuk menganalisis efisiensi energi kulkas rumah tangga dalam kaitannya dengan hukum pertama termodinamika. Dalam penelitian diperoleh melalui sumber primer dan sumber sekunder, yang mencakup buku, artikel ilmiah, jurnal, tesis, laporan penelitian eksperimen, dokumen dari situs web terpercaya, serta sumber-sumber lainnya yang relevan (Dama et al., 2023). Baik sumber yang telah dipublikasikan maupun yang belum dipublikasikan dapat digunakan yang dapat mendukung analisis terkait efisiensi energi dan dampak lingkungan dari penggunaan kulkas. Dalam melakukan analisis data, penelitian ini menggunakan teknik triangulasi data, yaitu pendekatan yang menggabungkan berbagai sumber data untuk

memastikan validitas temuan yang diperoleh. Triangulasi data dilakukan dengan cara membandingkan informasi dari berbagai sumber untuk mengidentifikasi kesamaan, perbedaan, dan pemahaman yang lebih mendalam mengenai efisiensi energi kulkas. Dengan menggabungkan data dari berbagai jenis sumber, penelitian ini berupaya untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif dan terpercaya mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi kulkas serta upaya peningkatan efisiensi energi dalam penggunaan mesin pendingin rumah tangga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian Hukum Pertama Termodinamika

Hukum pertama termodinamika merupakan salah satu prinsip fundamental dalam fisika, khususnya dalam cabang termodinamika yang mempelajari energi dan transformasinya. Prinsip ini didasarkan pada hukum kekekalan energi, yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Dalam konteks ini, hukum pertama termodinamika menekankan bagaimana energi internal sebuah sistem berubah sebagai akibat dari panas yang dipertukarkan dengan lingkungannya serta kerja yang dilakukan oleh atau terhadap sistem tersebut (Faozan, 2015).

Secara matematis, hukum pertama termodinamika dirumuskan sebagai:

$$\Delta U = Q - W$$

Dijelaskan bahwa ΔU adalah perubahan energi internal sistem. Dan Q adalah panas yang ditambahkan ke sistem (positif jika sistem menerima panas, dan negatif jika sistem melepaskan panas). Sedangkan W adalah kerja yang dilakukan oleh sistem terhadap lingkungan (positif jika sistem melakukan kerja, dan negatif jika lingkungan melakukan kerja terhadap sistem) (Safitri et al., 2024).

Energi internal, ΔU dalam konteks ini mencakup energi kinetik dan potensial mikroskopik partikel-partikel dalam sistem. Sederhananya, energi internal adalah jumlah total energi semua molekul dalam sistem, termasuk energi rotasi, translasi, dan getaran. Hukum pertama termodinamika tidak hanya menjelaskan proses transformasi energi, tetapi juga memberikan batasan tegas pada apa yang mungkin dan tidak mungkin terjadi dalam sistem fisik. Misalnya, hukum ini menegaskan bahwa tidak ada mesin yang dapat bekerja tanpa memasukkan energi dari luar. Artinya, tidak ada yang namanya *free lunch* dalam fisika—segala bentuk kerja yang dilakukan oleh suatu sistem harus berasal dari energi yang disuplai ke sistem tersebut (Yolanda, 2021). Dalam sistem tertutup, di mana tidak ada pertukaran materi dengan lingkungan, energi total sistem tetap konstan, meskipun energi tersebut dapat berubah bentuk. Misalnya, energi kinetik partikel-partikel dalam gas dapat diubah menjadi energi potensial melalui kompresi, atau energi internal dapat diubah menjadi kerja luar yang dilakukan sistem terhadap lingkungannya (Wijaya & Gunadi, 2024).

Proses Termodinamika dalam Kulkas

Proses kerja kulkas adalah contoh nyata dari penerapan prinsip-prinsip termodinamika dalam kehidupan sehari-hari. Secara konseptual, kulkas bekerja dengan cara memindahkan panas dari ruang bersuhu rendah di dalam kulkas ke lingkungan bersuhu lebih tinggi di luar kulkas. Ini bertentangan dengan aliran alami panas, yang selalu bergerak dari suhu tinggi ke suhu rendah. Oleh karena itu, diperlukan energi dari luar agar proses ini dapat berlangsung, yang dalam hal ini berupa energi listrik yang menggerakkan kompresor (FATURROHMAN, 2023).



Gambar: Proses Termodinamika Kulkas

Gambar di atas menunjukkan diagram konseptual cara kerja kulkas dengan siklus refrigerasi lengkap. Setiap komponen utama—kompresor, kondensator, katup ekspansi, dan evaporator—ditampilkan dengan alur aliran refrigeran yang ditunjukkan oleh panah, berikut penjelasan cara kerjanya: 1) Kompresor mengompresi gas refrigeran sehingga suhu dan tekanannya meningkat. 2) Kondensator memungkinkan refrigeran panas untuk melepaskan panas ke lingkungan dan berubah menjadi cairan. 3) Katup ekspansi menurunkan tekanan refrigeran secara mendadak, menyebabkan suhu refrigeran turun drastis. 4) Evaporator memungkinkan refrigeran dingin menyerap panas dari dalam kulkas, menjaga suhu ruang kulkas tetap rendah (Modul, 2024).

Siklus pendinginan dimulai ketika kompresor melakukan kerja pada refrigeran, yang awalnya berupa gas bersuhu rendah dan bertekanan rendah. Kompresi ini menyebabkan tekanan gas meningkat secara signifikan, dan sesuai dengan hukum pertama termodinamika, energi listrik yang dikonsumsi oleh kompresor diubah menjadi energi internal *refrigeran*. Peningkatan tekanan menyebabkan kenaikan suhu, sehingga refrigeran keluar dari kompresor dalam kondisi bersuhu tinggi dan bertekanan tinggi. Pada titik ini, refrigeran memiliki energi yang cukup untuk melepaskan panas ke lingkungan luar.

Refrigeran kemudian mengalir ke kondensator, sebuah rangkaian pipa logam yang terletak di bagian belakang kulkas. Di sini, panas dilepaskan dari refrigeran ke lingkungan sekitar. Proses ini berlangsung pada tekanan konstan, dan karena suhu refrigeran lebih tinggi daripada suhu udara di sekitarnya, panas berpindah dari refrigeran ke udara. Akibat pelepasan panas ini, refrigeran mengalami perubahan fasa dari gas menjadi cair. Namun, energi yang dilepaskan tidak hilang begitu saja; sesuai dengan hukum kekekalan energi, energi tersebut hanya berpindah ke lingkungan luar.

Setelah melalui kondensator, refrigeran cair bertekanan tinggi mengalir menuju katup ekspansi. Katup ini merupakan komponen penting yang berfungsi menurunkan tekanan refrigeran secara mendadak. Proses penurunan tekanan ini bersifat adiabatik, artinya tidak ada panas yang ditukar dengan lingkungan selama proses berlangsung. Penurunan tekanan menyebabkan suhu refrigeran turun secara drastis, sehingga refrigeran berubah menjadi cair bersuhu rendah dan bertekanan rendah.

Refrigeran yang dingin ini kemudian masuk ke evaporator, sebuah pipa berliku-liku yang terletak di dalam ruang kulkas. Karena suhu refrigeran lebih rendah daripada suhu udara di dalam kulkas, panas dari makanan dan udara di dalam kulkas berpindah ke refrigeran. Proses ini menyebabkan refrigeran menyerap panas dan kembali berubah fasa dari cair menjadi gas. Sesuai dengan hukum pertama termodinamika, energi panas yang diserap dari dalam kulkas meningkatkan energi internal refrigeran. Namun, tidak ada energi baru yang diciptakan; energi hanya berpindah dari ruang kulkas ke refrigeran.

Gas refrigeran yang telah menyerap panas kemudian kembali ke kompresor untuk memulai siklus kembali. Setiap tahap dalam siklus ini berlangsung sesuai dengan prinsip-prinsip dasar termodinamika, yang memastikan bahwa energi yang masuk ke sistem kulkas dalam bentuk energi listrik akan sama dengan total energi yang dilepaskan ke lingkungan

dan energi yang tersimpan sebagai energi internal refrigeran (Fatiatun et al., 2022).

Konsumsi Energi Listrik Pada Kulkas

Penelitian ini menggunakan beberapa kulkas rumah tangga dengan spesifikasi dan kapasitas berbeda (Baskoro et al., 2020). Pengukuran dilakukan terhadap energi listrik yang dikonsumsi, panas yang dilepaskan pada kondensor, dan suhu internal kulkas pada berbagai kondisi beban. Berikut adalah hasil pengukuran dari energi listrik yang dikonsumsi oleh kulkas diukur menggunakan alat wattmeter digital selama 24 jam. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik rata-rata berkisar antara 1,2 kWh hingga 2,5 kWh per hari, tergantung pada kapasitas kulkas dan suhu lingkungan.

Tabel 1: konsumsi energi listrik dari beberapa tipe kulkas yang diuji.

Tipe Kulkas	Kapasitas (Liter)	Konsumsi Harian (kWh)	Energi Suhu Lingkungan (°C)
Kulkas A	150	1,2	25
Kulkas B	200	1,8	25
Kulkas C	250	2,5	30

Efisiensi Energi dalam Mesin Kulkas

Kulkas merupakan salah satu peralatan rumah tangga yang memiliki konsumsi listrik cukup tinggi karena bekerja secara terus-menerus selama 24 jam sehari untuk menjaga suhu dingin. Konsumsi listrik kulkas ditentukan oleh beberapa faktor, seperti kapasitas, teknologi yang digunakan, efisiensi energi, suhu ruangan, dan frekuensi penggunaan. Mesin kulkas bekerja berdasarkan siklus refrigerasi yang memanfaatkan perbedaan suhu untuk memindahkan panas. Efisiensi sistem kulkas sangat dipengaruhi oleh bagaimana sistem memindahkan panas dari ruang yang lebih dingin (di dalam kulkas) ke luar (di kondensor) dan bagaimana kerja kompresor mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang diperlukan untuk siklus refrigerasi (Wahyu Aditya Sp et al., 2024).

Efisiensi kulkas dapat dianalisis dengan menggunakan konsep koefisien performa (COP), yang menggambarkan seberapa efisien mesin kulkas dalam memindahkan panas dibandingkan dengan energi yang digunakan untuk melakukannya (Fatiatun et al., 2023).

$$COP = \frac{Q_{dingin}}{W}$$

Dijelaskan bahwa Q_{dingin} adalah jumlah panas yang dipindahkan dari dalam kulkas ke luar. Sedangkan W adalah jumlah energi listrik yang dikonsumsi oleh kulkas untuk menjalankan kompresor dan sistem lainnya. Energi listrik yang dihasilkan akan berdampak pada hal berikut:

a. Pengaruh Hukum Pertama Termodinamika terhadap Efisiensi Energi

Menurut hukum pertama termodinamika, meskipun energi tidak bisa diciptakan atau dihancurkan, energi listrik yang digunakan dalam kulkas harus disalurkan dengan cara yang efisien. Hal ini berhubungan dengan bagaimana kulkas mengubah energi listrik menjadi kerja mekanik (untuk menggerakkan kompresor) dan bagaimana panas yang dipindahkan melalui siklus refrigerasi mempengaruhi efisiensi energi. Efisiensi kulkas sangat bergantung pada: (1) Efisiensi Kompresor untuk memberikan energi yang efisien akan mengubah lebih banyak energi listrik menjadi kerja mekanik, mengurangi pemborosan energi dalam bentuk panas yang tidak diinginkan. (2) Panas yang Dihilangkan oleh Kondensor pada bagian kondensor bertugas untuk melepaskan panas yang diserap dari dalam kulkas. Semakin efisien kondensor dalam melepaskan panas ke udara sekitar, semakin rendah energi yang dibutuhkan oleh kompresor untuk menjaga suhu internal kulkas. Jika kondensor tidak efisien, lebih banyak energi listrik diperlukan untuk menjaga suhu kulkas tetap stabil, karena kompresor harus bekerja lebih keras. (3) Beban termal yang diperoleh dari benda di dalam

kulkas yaitu benda-benda dalam kulkas (terutama yang baru dimasukkan dalam keadaan panas) dapat meningkatkan beban termal yang harus ditangani oleh kulkas. Hal ini meningkatkan kebutuhan energi untuk mempertahankan suhu yang diinginkan, yang menyebabkan efisiensi kulkas menurun (Adhicandra, 2024).

b. Konversi Energi Listrik menjadi Energi Panas

Saat kulkas beroperasi, sebagian energi listrik yang digunakan oleh kompresor dan komponen lainnya (seperti motor kipas) akan dikonversi menjadi energi panas yang disalurkan ke udara melalui kondensor. Ini adalah konsekuensi dari hukum pertama termodinamika, yang menyatakan bahwa energi tidak hilang, tetapi berubah bentuk. Sebagai contoh, meskipun kulkas mengkonsumsi energi listrik untuk menjalankan kompresor, sebagian besar energi ini (termasuk yang hilang sebagai panas dari kompresor) akan dilepaskan ke udara melalui kondensor. Meskipun kulkas mengeluarkan panas ke udara, hasil akhirnya adalah pencapaian suhu rendah di dalam kulkas. Namun, pemborosan panas yang tinggi akan mengurangi efisiensi mesin kulkas, karena lebih banyak energi diperlukan untuk mengurangi suhu dalam kulkas (Baskoro et al., 2020).

Optimasi Efisiensi Energi Kulkas

Untuk meningkatkan efisiensi energi kulkas, beberapa langkah sederhana dapat dilakukan yang berhubungan langsung dengan cara kerja dan pengelolaan energi di dalam kulkas (Suardi et al., 2024).

Pertama, mengatur suhu lingkungan di sekitar kulkas dapat mengurangi beban kerja kompresor. Menempatkan kulkas di tempat yang lebih sejuk akan membuat proses kondensasi pada kondensor menjadi lebih efisien. Ketika suhu lingkungan lebih rendah, panas yang dibuang oleh kulkas dapat dipindahkan dengan lebih mudah, sehingga kompresor tidak perlu bekerja terlalu keras. Hal ini mengurangi konsumsi energi yang dibutuhkan untuk mempertahankan suhu di dalam kulkas.

Kedua, memaksimalkan kapasitas kulkas dengan mengisinya dengan jumlah bahan makanan yang optimal juga penting untuk efisiensi energi. Kulkas yang terlalu kosong atau terlalu penuh akan mengganggu distribusi suhu di dalamnya. Ketika kulkas diisi dengan jumlah yang tepat, sirkulasi udara menjadi lebih lancar, sehingga suhu dapat terjaga secara merata tanpa beban berlebih pada kompresor. Bahan makanan yang sudah dingin atau beku juga berfungsi sebagai thermal mass yang membantu menstabilkan suhu dan mengurangi kerja kompresor.

Ketiga, perawatan berkala pada komponen utama seperti kondensor dan kompresor sangat diperlukan untuk memastikan kulkas beroperasi secara efisien. Kondensor yang bersih dan bebas dari debu memungkinkan panas dapat dibuang lebih efektif, sedangkan kompresor yang berfungsi dengan baik akan mengurangi frekuensi kerjanya. Dengan memeriksa dan merawat komponen-komponen ini secara rutin, kulkas dapat bekerja lebih optimal, mengurangi konsumsi energi, dan memperpanjang umur mesin. Secara keseluruhan, langkah-langkah ini dapat membantu meningkatkan efisiensi kulkas dengan mengurangi beban pada kompresor dan memaksimalkan penggunaan energi, yang berujung pada penghematan energi dan biaya operasional.

KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan di atas didapati bahwa kulkas memiliki sistem utama yaitu refrigeran yang bekerja di dalam siklus kompresi. Kulkas bekerja dengan mengalirkan energi panas dari dalam ruang pendingin ke luar menggunakan kompresor, kondensor, dan evaporator ini yang disebut dengan mekanisme hukum pertama termodinamika. Sehingga untuk mengurangi beban kerja kulkas untuk dapat meningkatkan efisiensi energi yang dikeluarkan oleh perangkat seperti kulkas dapat ditingkatkan dengan beberapa cara. Pengaturan suhu dan jenis benda yang dimasukkan ke dalam kulkas, perawatan rutin, serta

peletakan kulkas pada suhu ruangan yang sesuai akan membantu mengurangi beban kerja kompresor. Upaya-upaya ini mendukung program efisiensi energi dan penghematan pengeluaran rumah tangga, serta berkontribusi dalam mengurangi emisi karbon yang berujung pada pencegahan pemanasan global. Dengan demikian, penerapan prinsip termodinamika tidak hanya bermanfaat secara ekonomi, tetapi juga memiliki dampak positif terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhicandra, I. (2024). Studi Kasus Tentang Penggunaan Teknologi Internet Of Things (Iot) Dalam Meningkatkan Efisiensi Energi Di Bangunan Pintar. *Edusaintek: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 11(3), 1447–1457. <https://doi.org/10.47668/edusaintek.v11i3.1297>
- Amosun, T. S., & Omoniyi Kaffo, P. (2023). Development of a 1kw Prototype Kerosene-Powered Vapour Absorption Refrigerator. *Borobudur Engin. Borobudur Engineering Review*, 3(2), 36–48. <https://doi.org/10.31603/benr.v3i2.10209>
- Amrullah, A., Djafar, Z., & Piarah, W. H. (2017). Analisa Kinerja Mesin Refrigerasi Rumah Tangga Dengan Variasi Refrigeran. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 3(2), 7–11. <https://doi.org/10.31884/jtt.v3i2.55>
- Baskoro, F., Hanani, A. M., Agung, A. I., & Widyartono, M. (2020). Pemanfaatan Audit Sistem Penerangan Dan Sistem Pendingin Sebagai Upaya Optimasi Energi Listrik: Pemanfaatan Audit Sistem Penerangan Dan Sistem Pendingin Sebagai Upaya Optimasi Energi Listrik. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1 SE-Artikel), 173–183. <https://doi.org/10.26740/jte.v10n1.p173-183>
- Cahyono, N. D., & Suheta, T. (2016). Analisa Optimasi Manajemen Energi Listrik Chiller Pada Central Air Conditioning Plan Di Mall Marvell City – Surabaya. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan IV*, 55–64.
- Dama, F. L., Adoe, D. G. H., & Dwinanto, M. M. (2023). Studi Eksperimen dan Simulasi Termodinamika Mini Refrigerator. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, 10(02), 23–28. <https://doi.org/10.35508/ljtmu.v10i02.13648>
- Faozan, I. (2015). Analisis Perbandingan Evaporator Kulkas Dengan Menggunakan Refrigeran R-22 dan R-134a. *Teknik Mesin*, 04(3), 99–105.
- Fatiatun, F., Jumini, S., Al Adib, N., Rahayu, I., Ulumudin, M., Afiliyani, M., & Mukti Wibowo, K. (2023). The Thermodynamics Application In Refrigerator. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 11(2 SE-Articles), 202–207. <https://doi.org/10.24252/jpf.v11i2.37084>
- Fatiatun, F., Pratiwi, A. D., Wirdati, A. C., & Avifatun, N. (2022). Penerapan Termodinamika Heating Dan Colling Pada Dispenser. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 9(2), 146–150. <https://doi.org/10.32699/ppkm.v9i2.2658>
- FATURROHMAN, W. (2023). Implementasi Project Based Learning Merancang Mini Box Cooler Dalam Materi Pemanasan Global Kurikulum Merdeka. *Strategy : Jurnal Inovasi Strategi Dan Model Pembelajaran*, 3(2), 146–155. <https://doi.org/10.51878/strategi.v3i2.2256>
- Modul. (2024). Modul Trainer Kulkas Berbasis Mikrokontroler.
- Safitri, P. D., A. Hidayat, H A Geralfine, D.Y Nugraha, N. A Tasya, F.H.R Nurrokhim, I.A. Fayrezzi, I. Habibullah, W. Saputro, & R.D. Issafira. (2024). Cooling Machines and Coefficient of Performance Calculations in Refrigeration Systems. *BIOMEJ*, 4(1 SE-Articles), 20–26. <https://doi.org/10.33005/biomej.v4i1.113>
- Suardi, S., Pawara, M. U., Setiawan, W., Hidayat, T., & Alamsyah, A. (2024). Optimalisasi Perkiraan Beban Listrik untuk Penerangan Dek Penumpang di Kapal Ro-Ro 1500 GT. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 8(2), 167. <https://doi.org/10.30595/jrst.v8i2.21193>
- Wahyu Aditya Sp, AS Mukti, RF Aditama, RMZH Putra, WAS Putra, RR Hidayat, MN Ardhany, MW Rosyadi, & RDK Mahameru. (2024). Temperature and Coefficient of Performance Test for Cooling Machine . *BIOMEJ*, 4(1 SE-Articles). <https://doi.org/10.33005/biomej.v4i1.100>
- Wijaya, K. C., & Gunadi, G. G. R. (2024). Identifikasi Penyebab Menurunnya Efektivitas Kondensor PLTGU dengan RCA. *Jurnal Mekanik Terapan*, 5(1), 65–70.

<https://doi.org/10.32722/jmt.v5i1.6544>

Yolanda, Y. (2021). Pengembangan Modul Ajar Fisika Termodinamika Berbasis Kontekstual. *Jurnal Jendela Pendidikan*, 1(03), 80–95. <https://doi.org/10.57008/jjp.v1i03.12>